

F-1505. CT

SURFACE-POSITION DETECTING APPARATUS, AND ALIGNER AND ALIGNING METHOD USING THE DETECTING APPARATUS

Patent number: JP2001296105

Publication date: 2001-10-26

Inventor: KAWAGUCHI TORU

Applicant: NIKON CORP

Classification:

- international: G01B11/00; G02B7/28; G03F7/20; G03F9/02;
H01L21/027

- european:

Application number: JP20000111314 20000412

Priority number(s):

Also published as:

US6897462 (B2)

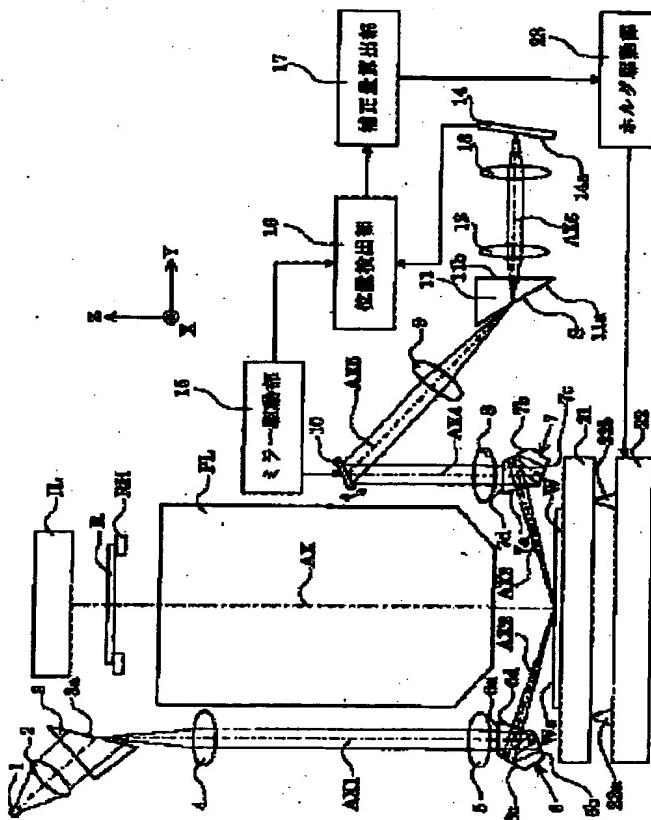
US2002000520 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2001296105

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface position detection apparatus which is not substantially restricted by a surface to be inspected with respect to the constitution and arrangement of an optical system and can satisfactorily suppress the deterioration of detection accuracy caused by peripheral vibrations or temperature fluctuations.

SOLUTION: This surface position detecting apparatus which detects the position of a surface (Wa) to be detected is provided with a projecting system (1-6) for projecting a luminous flux upon the surface (Wa) from an oblique direction and a light-receiving system (7-14) for receiving reflected luminous flux from the surface (Wa). On at least one of the optical paths of the systems, luminous flux deflecting means (6 and 7), each of which has an even number of reflecting surfaces and causes an incident luminous flux to be emitted at an angle which is not parallel to that of the incident luminous flux, are provided. This detecting device detects the position of the surface (Wa), based on the output of the light-receiving system.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-296105

(P2001-296105A)

(43)公開日 平成13年10月26日(2001.10.26)

(51)Int.Cl.
G 0 1 B 11/00
G 0 2 B 7/28
G 0 3 F 7/20
9/02
H 0 1 L 21/027

識別記号
5 2 1

F I
C 0 1 B 11/00
C 0 3 F 7/20
9/02
G 0 2 B 7/11
H 0 1 L 21/30

テマコト(参考)
A 2 F 0 6 5
S 2 1 2 H 0 5 1
H 5 F 0 4 6
M
S 2 6 B

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2000-111314(P2000-111314)

(22)出願日 平成12年4月12日(2000.4.12)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 川口 透

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74)代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

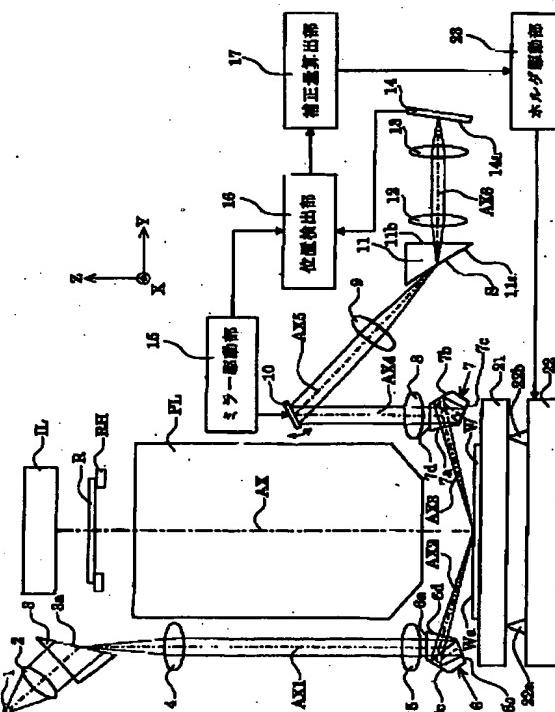
最終頁に続く

(54)【発明の名称】面位置検出装置、並びに該検出装置を用いた露光装置および露光方法

(57)【要約】

【課題】光学系の構成および配置について被検面の制約を実質的に受けることがなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出精度の悪化を良好に抑えることのできる面位置検出装置。

【解決手段】被検面(Wa)の面位置を検出する面位置検出装置である。被検面上に斜め方向から光束を投射するための投射系(1~6)と、被検面で反射された光束を受光するための受光系(7~14)とを備えている。投射系の光路および受光系の光路のうちの少なくとも一方の光路には、偶数面の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段(6, 7)が設けられている。受光系の出力に基づいて被検面の面位置を検出する。



前記光束偏向手段は、互いに平行でない一対の反射面が形成されたプリズムを有する。この場合、前記プリズムは、入射光束を透過させるための第1透過面と、該第1透過面を透過して前記プリズムの内部を伝播した光束を反射するための第1反射面と、該第1反射面で反射されて前記プリズムの内部を伝播した光束を、前記第1透過面を透過した光束の光路と交わる光路に沿って反射するための第2反射面と、該第2反射面で反射されて前記プリズムの内部を伝播した光束を透過させるための第2透過面とを有することが好ましい。

【0013】さらに、前記第1反射面と前記第2反射面とのなす角度が、40度以上且つ45度未満の範囲に規定されていることが好ましい。また、前記プリズムは、6.5以上のアッペ数を有する低分散の光学材料で形成されていることが好ましい。さらに、前記プリズムは、1 ppm/K以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の光学材料で形成されていることが好ましい。

【0014】また、第1発明の好ましい態様によれば、前記光束偏向手段は、互いに平行でない一対の反射ミラーと、該一対の反射ミラーを嵌合保持するための保持部材とを有する。この場合、前記保持部材は、1 ppm/K以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の材料で形成されていることが好ましい。

【0015】本発明の第2発明によれば、投影光学系を介してマスク上のパターンを感光性基板上へ投影露光する露光装置において、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面の前記投影光学系に対する面位置を、前記被検面の面位置として検出するための第1発明の面位置検出装置と、前記面位置検出装置の検出結果に基づいて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面を前記投影光学系に対して位置合わせするための位置合わせ手段とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0016】本発明の第3発明によれば、投影光学系を介してマスク上のパターンを感光性基板上へ投影露光する露光方法において、第1発明の面位置検出装置を用いて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面の前記投影光学系に対する面位置を、前記被検面の面位置として検出する検出工程と、前記検出工程での検出結果に基づいて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面を前記投影光学系に対して位置合わせする位置合わせ工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の面位置検出装置では、被検面上に斜め方向から光束を投射する投射系の光路中または被検面で反射された光束を受光する受光系の光路中に、偶数面の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段を設けている。本発明の典型的な形態によれば、投射系が被検面上に所定

パターンの一次像を形成する投射光学系を有し、受光系が被検面で反射された光束を集光して所定パターンの二次像を形成する集光光学系を有する場合、投射光学系と被検面との間の光路中および集光光学系と被検面との間の光路中に、上述の光束偏向手段がそれぞれ設けられる。

【0018】具体的には、たとえば五角柱状のプリズムにおいて対向する一対の側面に反射膜を形成することによって、互いに平行でない一対の反射面が形成されたプリズムの形態を有する光束偏向手段が実現される。本発明では、上述の五角柱状のプリズムをペンタプリズムと呼称する。この場合、ペンタプリズムへの入射光束は、第1透過面をそのまま透過してプリズム内部を伝播した後に、第1反射面で反射される。第1反射面で反射されてプリズム内部を伝播した光束は、第1透過面を透過した光束の光路と交わる光路に沿って第2反射面で反射される。第2反射面で反射されてプリズム内部を伝播した光束は、第2透過面をそのまま透過して、ペンタプリズムから射出される。こうして、角度 α をなす一対の反射面を有するペンタプリズムの作用により、入射光束は角度 α だけ偏向されて射出される。

【0019】ペンタプリズムでは、後に詳述するように、その偏向角 α が一対の反射面の交差角 β により一義的に決定され、且つ五角柱状のプリズムの対向する2つの側面に反射膜を形成することによって一対の反射面が構成されているので、周囲の振動や温度変動等に起因して、一対の反射面の交差角 β が実質的に変化することがなく、その偏向角 α も実質的に変化することがない。したがって、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴ってペンタプリズムがたとえば入射面（ペンタプリズムの入射光束と射出光束とを含む面）内で微小量だけ傾いたとしても、一対の反射面の相対的な角度位置関係（すなわち交差角 β ）は一定に維持されるため、ペンタプリズムの偏向角 α は不变であり、すなわち射出光束の方向が不变であり、ひいては被検面または受光面への光束の入射角も変化しないことになる。その結果、被検面や受光面において入射角の変化も入射位置の変化もほとんど生じることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発生を良好に抑えることができる。

【0020】また、本発明では、投射光学系と被検面との間の光路中および集光光学系と被検面との間の光路中にそれぞれ設けられたペンタプリズムの作用により被検面への入射光束の光路および被検面からの反射光束の光路が大きく折り曲げられるので、投射光学系および集光光学系が被検面から遠ざけられ、これらの光学系の構成および配置が被検面の制約を実質的に受けることがない。

【0021】以上のように、本発明の面位置検出装置では、光学系の構成および配置について被検面の制約を実

質的に受けることがなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出精度の悪化を良好に抑えることができる。

【0022】また、投影露光装置において投影光学系に対する感光性基板の面位置の検出に本発明の面位置検出装置を適用すると、投影露光装置の振動や周囲の温度変動等に実質的に影響されることなく、マスクのパターン面と感光性基板の被露光面とを投影光学系に対して高精度に位置合わせすることができる。その結果、本発明の面位置検出装置を備えた投影露光装置を用いて、良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【0023】本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の構成を概略的に示す図である。また、図2は、図1の投射光学系および集光光学系がともに両側テセントリックであることを示す光路図である。なお、図1において、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を、光軸AXに垂直な面内において図1の紙面に平行にY軸を、紙面に垂直にX軸を設定している。本実施形態では、投影露光装置における感光性基板の面位置の検出に対して本発明の面位置検出装置を適用している。

【0024】図示の投影露光装置は、露光用光源（不図示）から射出された照明光（露光光）で、所定のパターンが形成されたマスクとしてのレチクルRを均一に照明するための照明系ILを備えている。レチクルRは、レチクルホルダRHを介して、レチクルステージ（不図示）上においてXY平面に平行に保持されている。レチクルステージは、図示を省略した駆動系の作用により、レチクル面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はレチクル干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0025】レチクルRに形成されたパターンからの光は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウェハWの表面（被露光面）Wa上にレチクルパターン像を形成する。ウェハWはウェハホルダ21上に載置され、ウェハホルダ21はホルダ保持機構22によって支持されている。ホルダ保持機構22は、ホルダ駆動部23の制御に基づいて、上下方向（Z方向）に移動可能な3つの支持点22a～22c（図1では2つの支持点22aおよび22bだけを示す）によって、ウェハホルダ21を支持している。

【0026】こうして、ホルダ駆動部23は、ホルダ保持機構22の各支持点22a～22cの上下移動をそれぞれ制御することにより、ウェハホルダ21のレベリング（水平出し）およびZ方向（フォーカシング方向）移動を、ひいてはウェハWのレベリングおよびZ方向移動を行う。ウェハホルダ21およびホルダ保持機構22は、さらにウェハステージ（不図示）によって支持されている。ウェハステージは、図示を省略した駆動系の作

用によりウェハ面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能で且つZ軸廻りに回転可能であり、その位置座標はウェハ干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0027】ここで、レチクルRのパターン面上に設けられた回路パターンをウェハWの被露光面Waの各露光領域に良好に転写するには、各露光領域への露光毎に、投影光学系PLによる結像面を中心とした焦点深度の幅内に、被露光面Waの現在の露光領域を位置合わせする必要がある。このためには、現在の露光領域における各点の面位置すなわち投影光学系PLの光軸AXに沿った面位置を正確に検出した後に、被露光面Waが投影光学系PLの焦点深度の幅の範囲内に収まるように、ウェハホルダ21のレベリングおよびZ方向の移動を、ひいてはウェハWのレベリングおよびZ方向の移動を行えば良い。

【0028】そこで、本実施形態の投影露光装置は、被露光面Waの現在の露光領域における各点の面位置を検出するための面位置検出装置を備えている。図1を参照すると、本実施形態の面位置検出装置は、検出光を供給するための光源1を備えている。ところで、一般的に、被検面であるウェハWの表面Waは、レジスト等の薄膜で覆われている。したがって、この薄膜による干渉の影響を低減するために、光源1は波長幅の広い白色光源であることが望ましい。なお、光源1として、レジストに対する感光性の弱い波長帯の光を供給する発光ダイオード等を用いることもできる。

【0029】光源1からの発散光束は、コンデンサーレンズ2を介して略平行光束に変換された後、偏向プリズム3に入射する。偏向プリズム3は、コンデンサーレンズ2からの略平行光束を、屈折作用により-Z方向に沿って偏向させる。また、偏向プリズム3の射出側には、X方向に延びる細長い透過部とX方向に延びる細長い遮光部とが一定のピッチで交互に設けられた透過型格子パターン3aが形成されている。なお、透過型格子パターンに代えて、凹凸形状の反射型回折格子を適用しても良いし、あるいは反射部と無反射部とが交互に形成された反射型格子パターンを適用しても良い。

【0030】透過型格子パターン3aを透過した光は、投影光学系の光軸AXに平行な光軸AX1に沿って配置された投射光学系（4, 5）に入射する。投射光学系（4, 5）は、投射用集光レンズ4と投射用対物レンズ5とで構成されている。投射光学系（4, 5）を介した光束は、ペンタプリズム6に入射する。ペンタプリズム6は、その長手方向軸線がX方向に沿って延びた五角柱状の偏向プリズムであり、光軸AX1に沿って入射した光を屈折させることなくそのまま透過させるための第1透過面6aを有する。すなわち、第1透過面6aは、光軸AX1に対して垂直に設定されている。第1透過面6aを透過してペンタプリズム6の内部を光軸AX1に沿

って伝播した光は、第1反射面6bで反射された後、第2反射面6cで光軸AX2に沿って再び反射される。

【0031】第2反射面6cで反射されてペントプリズム6の内部を光軸AX2に沿って伝播した光は、第2透過面6dで屈折されることなくそのまま透過する。すなわち、第2透過面6dは、光軸AX2に対して垂直に設定されている。ここで、ペントプリズム6は石英ガラスのような低熱膨張で且つ低分散の光学材料で形成され、第1反射面6bおよび第2反射面6cにはアルミニウムや銀などからなる反射膜が形成されている。

【0032】こうして、光軸AX1に沿って-Z方向に入射した光は、ペントプリズム6によって大きく偏向され、光軸AX2に沿って所要の入射角で被検面Waに達する。このとき、被検面Waへの入射角が十分大きくなるように、光軸AX2の方向が設定され、ひいてはペントプリズム6による偏向角が設定されている。以上のように、ペントプリズム6は、一対の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段を構成している。なお、ペントプリズム6の詳しい構成およびその作用効果については、後述する。

【0033】ここで、被検面Waが投影光学系PLの結像面と合致している状態において、投射光学系(4, 5)が格子パターン3aの形成面（すなわち偏向プリズム3の射出面）と被検面Waとを共役に配置するように構成されている。また、格子パターン3aの形成面と被検面Waとが投射光学系(4, 5)に関してシャインプルーフの条件を満たすように構成されている。その結果、格子パターン3aからの光は、投射光学系(4, 5)を介して、被検面Wa上のパターン像形成面の全体に亘って正確に結像する。

【0034】また、図2において光路を破線で示すように、投射用集光レンズ4と投射用対物レンズ5とで構成される投射光学系(4, 5)は、いわゆる両側テレセントリック光学系である。したがって、格子パターン3aの形成面上の各点と被検面Wa上の各共役点とは、全面に亘ってそれぞれ同倍率である。こうして、被検面Wa上には、図3に示すように、格子パターン3aの一次像がその全体に亘って正確に形成される。

【0035】再び図1を参照すると、被検面Waで反射された光は、上述のペントプリズム6と同様の構成を有するペントプリズム7を介して、集光光学系(8, 9)に入射する。すなわち、被検面Waで反射された光は、投影光学系PLの光軸AXに沿って光軸AX2と対称な光軸AX3に沿って、ペントプリズム7に入射する。ペントプリズム7では、光軸AX3に垂直な第1透過面7aを透過した光が、第1反射面7bおよび第2反射面7cで順次反射された後、Z方向に延びる光軸AX4に沿って第2透過面7dに達する。光軸AX4に垂直な第2透過面7dを透過した光は、光軸AX4に沿って+Z方向に集光光学系(8, 9)に入射する。

【0036】集光光学系(8, 9)は、受光用対物レンズ8と受光用集光レンズ9とで構成されている。そして、受光用対物レンズ8と受光用集光レンズ9との間の光路中には、走査手段としての振動ミラー10が設けられている。したがって、光軸AX4に沿って受光用対物レンズ8に入射した光は、振動ミラー10を介して偏向され、光軸AX5に沿って受光用集光レンズ9に達する。なお、本実施形態では、振動ミラー10を集光光学系(8, 9)の略瞳面に配置しているが、これに限定されることなく、被検面Waと受光面との間の光路中において任意の位置に配置することができる。

【0037】集光光学系(8, 9)を介した光は、上述の偏向プリズム3と同様の構成を有するアオリ補正プリズム11に入射する。ここで、被検面Waが投影光学系PLの結像面と合致している状態において、集光光学系(8, 9)が被検面Waとアオリ補正プリズム11の入射面11aとを共役に配置するように構成されている。こうして、アオリ補正プリズム11の入射面11aには、格子パターン3aの二次像が形成される。

【0038】なお、アオリ補正プリズム11の入射面11aには、遮光手段としての受光スリットSが設けられている。受光スリットSは、図4に示すように、例えれば5つのX方向に細長く延びる矩形状の開口部Sa1～Sa5を有する。集光光学系(8, 9)を介した被検面Waからの反射光は、受光スリットSの各開口部Sa1～Sa5をそれぞれ通過して、アオリ補正プリズム11に入射する。

【0039】ここで、受光スリットSの開口部Saの数が、被検面Wa上における検出点の数に対応する。すなわち、被検面Wa上に格子パターン3aの一次像が形成されている状態を示す図3において、被検面Wa上の検出点（検出領域）Da1～Da5は、図4に示す受光スリットSの5つの開口部Sa1～Sa5に光学的に対応している。したがって、被検面Wa上での検出点の数を増やしたいときには、開口部Saの数を増やせば良いだけであり、検出点の数を増やしても構成の複雑化を招くことがない。

【0040】なお、投影光学系PLによる結像面とアオリ補正プリズム11の入射面11aとが集光光学系(8, 9)に関してシャインプルーフの条件を満たすように構成されている。したがって、被検面Waと結像面とが合致している状態において、格子パターン3aからの光が、集光光学系(8, 9)を介して、プリズム入射面11a上のパターン像形成面の全体に亘って正確に再結像する。

【0041】また、図2において光路を破線で示すように、集光光学系(8, 9)が両側テレセントリック光学系で構成されている。したがって、被検面Wa上の各点とプリズム入射面11a上の各共役点とは、全面に亘ってそれぞれ同倍率である。こうして、アオリ補正プリズ

ム11の入射面11a上には、格子パターン3aの二次像がその全体に亘って正確に形成される。

【0042】ところで、アオリ補正プリズム11の入射面11aの位置に受光面を配置すると、被検面Waに対する光束の入射角θが大きいため、受光面における光束の入射角も大きくなる。この場合、受光面に例えばシリコン・フォト・ダイオードを配置すると、シリコン・フォト・ダイオードへの光束の入射角が大きくなるため、シリコン・フォト・ダイオードにおける表面反射が大きくなると共に、光束のけられが生じて、受光量が著しく低下する恐れがある。

【0043】そこで、本実施形態では、受光面における光束の入射角に起因する受光量の低下を避けるために、図1に示すように、集光光学系(8, 9)に関する被検面Waとの共役面に偏向光学系としてのアオリ補正プリズム11の入射面11aを配置している。その結果、集光光学系(8, 9)を介して光軸AX5に沿ってアオリ補正プリズム11の入射面11aに入射した光束は、アオリ補正プリズム11の頂角(入射面と射出面とのなす角)と同じ屈折角にしたがって偏向され、射出面11bから光軸AX6に沿って射出される。ここで、射出面11bは、光軸AX6に垂直に設定されている。

【0044】アオリ補正プリズム11の射出面11bから光軸AX6に沿って射出された光は、一対のレンズ12および13で構成されるリレー光学系(12, 13)に入射する。リレー光学系(12, 13)を介した光は、アオリ補正プリズム11の入射面11a上に形成された格子パターン3aの二次像と受光スリットSの開口部Sa1～Sa5との共役像を、受光部14の受光面14a上に形成する。受光面14aには、図5に示すように、5つのシリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5が、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5に光学的に対応するように設けられている。なお、シリコン・フォト・ダイオードに代えて、CCD(2次元電荷結合型撮像素子)やフォトマルを用いることもできる。

【0045】このように、本実施形態においては、偏向光学系としてのアオリ補正プリズム11を用いているので、受光面14aに入射する光束の入射角が十分小さくなり、受光面14aにおける光束の入射角に起因する受光量の低下が回避される。なお、リレー光学系(12, 13)は、図2に示すように、両側テレセントリック光学系であることが望ましい。また、アオリ補正プリズム11の入射面11aと受光面14aとがリレー光学系(12, 13)に関してシャインフルーフの条件を満足するように構成されていることが望ましい。

【0046】さて、上述したように、アオリ補正プリズム11の入射面11a上には、5つの開口部Sa1～Sa5を有する受光スリットSが設けられている。したがって、入射面11aに形成された格子状パターン3aの二次像は、受光スリットSを介して部分的に遮光され

る。すなわち、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5の領域に形成された格子状パターン3aの二次像からの光束のみが、アオリ補正プリズム11およびリレー光学系(12, 13)を介して、受光面14aに達する。

【0047】こうして、図5に示すように、受光部14の受光面14a上に配置されたシリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5上には、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5の像すなわちスリット像SL1～SL5がそれぞれ形成される。なお、スリット像SL1～SL5は、シリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5の矩形状の受光領域の内側にそれぞれ形成されるように設定されている。

【0048】ここで、被検面Waが投影光学系PLの光軸AXに沿ってZ方向に上下移動すると、アオリ補正プリズム11の入射面11a上に形成される格子パターン3aの二次像は、被検面Waの上下移動に対応してパターンのピッチ方向に横ずれを起こす。本実施形態では、例えば特開昭56-42205号公報に開示された光電顕微鏡の原理により、格子パターン3aの二次像の横ずれ量を検出し、検出した横ずれ量に基づいて投影光学系PLの光軸AXに沿った被検面Waの面位置を検出する。以下、光電顕微鏡の原理による面位置検出について簡単に説明する。

【0049】図1を参照すると、上述したように、集光光学系(8, 9)の光路中には振動ミラー10が設けられ、振動ミラー10はミラー駆動部15によってX軸廻りに正負回転駆動されるように構成されている。ミラー駆動部15は、内部の発振器からの信号に基づいて、所定の周期Tで振動ミラー10を図中矢印方向に振動させる。振動ミラー10の振動に伴って、アオリ補正プリズム11の入射面11a上に形成される格子状パターン3aの二次像もそのパターンピッチ方向に振動する。このとき、格子状パターン3aの二次像の振動に伴って、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5をそれぞれ透過する光の光量が変化する。受光スリットSの透過光は、リレー光学系(12, 13)を介して、受光部14の受光面14a上のシリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5に達する。

【0050】説明を簡単にするために1つのシリコン・フォト・ダイオードPD1に達する光に着目すると、受光スリットSの開口部Sa1を透過した光が、シリコン・フォト・ダイオードPD1上にスリット像SL1を形成する。このスリット像SL1の明るさは、振動ミラー10の振動に伴って変化する。本実施形態においては、開口部Sa1の幅(すなわち格子状パターン3aの二次像のピッチ方向の寸法)が格子状パターン3aの二次像のピッチの1/2以下となるように規定し、格子状パターン3aの二次像の振幅がそのピッチの1/2以下となるように規定している。

【0051】また、被検面Waと投影光学系PLの結像

面とが一致している状態において、開口部Sa1の中心が格子状パターン3aの二次像の振動中心と一致するように設定されている。したがって、振動ミラー10の振動に伴って格子状パターン3aの二次像が振動すると、シリコン・フォト・ダイオードPD1での受光量が変化する。受光部14のシリコン・フォト・ダイオードPD1は、スリット像SL1の光強度の変化すなわち光変調に応じた検出信号を位置検出部16に出力する。同様に、シリコン・フォト・ダイオードPD2～PD5も、スリット像SL2～SL5の光変調に応じた検出信号を位置検出部16に出力する。

【0052】また、ミラー駆動部15からも振動ミラー10の振動周期Tと同じ位相の交流信号が位置検出部16へ供給される。位置検出部16は、周期Tの交流信号の位相を基準として、受光部14のシリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5からの検出信号の同期整流すなわち同期検波を行い、得られた検波出力信号を補正量算出部17へ出力する。位置検出部16から出力される検波出力信号は、いわゆるSカーブ信号と呼ばれ、被検面Wa上の各検出領域Da1～Da5が投影光学系PLの結像面に位置しているとき、すなわち検出信号が振動ミラー10の振動周期Tの1/2の周期で変化しているときに、それぞれ零レベルとなる。

【0053】一方、検波出力信号は、被検面Waの検出領域Da1～Da5が投影光学系PLの結像面よりも上方に変位しているときには正のレベルを、被検面Waの検出領域Da1～Da5が投影光学系PLの結像面よりも下方に変位しているときには負のレベルを示す。換言すると、検波出力信号は、被検面Waの面位置の変化に対応した出力値を示すことになる。こうして、補正量算出部17では、供給された検波出力信号の正負レベルに基づいて、被検面Wa上の各検出領域Da1～Da5のZ方向に沿った位置をそれぞれ算出し、被検面Waの平均的な傾きおよびZ方向に沿った位置を求める。

【0054】そして、補正量算出部17は、被検面Waが投影光学系PLの焦点深度の範囲内に収めるのに必要な傾き補正量およびZ方向補正量をそれぞれ算出し、算出したこれらの補正量をホルダ駆動部23へ供給する。ホルダ駆動部23は、傾き補正量およびZ方向補正量に基づいてホルダ保持機構22を駆動制御し、ウェハホルダ21のレベリングおよびZ方向移動を、ひいてはウェハWのレベリングおよびZ方向移動を行なう。こうして、ウェハWは、その被露光面Waの現在の露光領域が投影光学系PLの焦点深度の範囲内に収まるように、投影光学系PLに対して高精度に位置合わせされる。なお、シャインフルーフの条件、偏向プリズム3およびオリ補正プリズム11の構成や作用、および光電頭微鏡の原理の具体的な適用などについては、本出願人による特開平6-97045号公報に詳細に開示されている。

【0055】次に、光束偏向手段としてのペントプリズ

ム6および7の構成および作用について詳述する。上述したように、ペントプリズム6と7とは、同様の構成を有し、その結果同様の作用を奏する。したがって、説明を簡単にするために、ペントプリズム6に着目してその構成および作用を説明する。図1を参照すると、ペントプリズム6は、-Z方向に沿って落射してくる光束を、被検面Waに対して所要の比較的大きな入射角で入射するように、水平に近い方向まで大きく偏向させる作用を有する。

【0056】図6は、図1のペントプリズム6における一対の反射面のなす交差角と偏向角との関係を示す図である。図6において、光軸AX1に沿ってペントプリズム6に入射した光線L1は、第1反射面6bおよび第2反射面6cで順次反射された後、光軸AX2に沿った光線L2としてペントプリズム6から射出される。すなわち、ペントプリズム6は、入射光線L1を角度のみだけ偏向させることになる。ここで、第1反射面6bと第2反射面6cとのなす交差角 ϕ と、入射光線L1と射出光線L2とのなす偏向角 ψ との間には、次の式(1)に示す関係が成立する。

【0057】

$$\phi + \pi = (\pi - 2\alpha) + (\pi - 2\beta) \quad (1)$$

ここで、 α は、光軸AX1に沿ってペントプリズム6に入射した光線の第1反射面6bへの入射角である。また、 β は、光軸AX1に沿ってペントプリズム6に入射した光線の第2反射面6cへの入射角である。ところで、これらの入射角 α および β と交差角 ϕ との間には、次の式(2)に示す関係が成立する。

$$\phi + \pi = 2\pi - 2(\alpha + \beta) = 2\pi - 2\psi \quad (2)$$

したがって、上述の式(1)は、次の式(3)に示すように変形される。

$$\phi + \pi = 2\pi - 2(\alpha + \beta) = 2\pi - 2\psi \quad (3)$$

こうして、上述の式(3)から、偏向角 ψ は次の式(4)で表される。

$$\phi = \pi - 2\psi \quad (4)$$

【0059】式(4)を参照すると、ペントプリズム6の偏向角 ψ が一対の反射面6bと6cとの交差角 ϕ のみに関係すること、換言すると交差角 ϕ により一義的に決定されることがわかる。一方、ペントプリズム6では、上述したように、石英ガラスで一体的に形成された五角柱状のプリズムの対向する2つの側面に反射膜を形成することによって一対の反射面6bおよび6cを構成している。その結果、ペントプリズム6では、周囲の振動や温度変動等に起因して、一対の反射面の交差角 ϕ が実質的に変化することがなく、その偏向角 ψ も実質的に変化することがない。

【0060】したがって、本実施形態では、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴ってペントプリズム6がたとえばX軸廻りに(AX1とAX2とを含む入射面内で)微小回転したとしても、一対の

反射面6bと6cとの相対的な角度位置関係（すなわち交差角 α ）は一定に維持されるため、ペントプリズム6の偏向角 α は不变であり、すなわち射出光線L2の方向が不变であり、ひいては被検面Waへの光束の入射角も变化しないことになる。このとき、射出光線の空間位置は一対の反射面6bと6cとの間の距離に応じて変化するが、さらに具体的には図6において射出光線L2がAX2に平行に横ずれするが、その横ずれ量は実用上無視し得る程度であり、ひいてはこの横ずれに伴う被検面Waへの光束の入射位置ずれ量も実用上無視し得る程度である。

【0061】これに対し、従来技術にしたがってペントプリズム6の位置に通常の反射ミラー（单一の反射面を有するミラー）を配置する場合、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴って反射ミラーの反射面がたとえばX軸廻りに微小回転すると、反射ミラーの偏向角が傾き角（微小回転角）の2倍だけ変化することになり、被検面への光束の入射角とともに被検面への光束の入射位置が変化する。この場合、入射位置の変化量は、入射角の変化量と被検面から反射ミラーの反射面までの距離とにはほぼ比例する。

【0062】このとき、入射角の変化は被検面の面位置の検出用換算係数の変化に関連し、入射位置の変化はパターン像の形成位置の変化に関連することになり、いずれの変化も被検面位置の検出誤差を発生させることになる。換言すると、実際には被検面がその面位置を全く変えている場合でも、反射ミラーの偏向角に起因する入射角の変化および入射位置の変化に応じて受光スリット上でのパターン像の形成位置が変化することになり、あたかも被検面の面位置が変化したように検出されることになる。

【0063】上述したように、本実施形態では、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形などに伴ってペントプリズム6が入射面内で微小量だけ傾いても、その偏向角が不变であり、被検面への入射角が変化することはない。したがって、従来技術における1面反射の反射ミラーの場合とは異なり、入射角の変化も被検面から反射ミラーまでの距離に依存した入射位置の変化も生じることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発生を良好に抑えることができる。

【0064】同様に、ペントプリズム7についても、ペントプリズム6と同様の効果を得ることができる。すなわち、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形などに伴ってペントプリズム7が入射面内で微小量だけ傾いても、その偏向角が不变であり、受光スリットSへの入射角が、ひいては受光面14aへの入射角が変化することはない。したがって、従来技術における1面反射の反射ミラーの場合とは異なり、受光スリットSへの入射角の変化も反射ミラーから受光スリットSまでの距離に依存した入射位置の変化も生じることなく、

周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発生を良好に抑えることができる。

【0065】また、本実施形態では、投射光学系(4, 5)と被検面Waとの間の光路中および集光光学系(8, 9)と被検面Waとの間の光路中にペントプリズム6および7をそれぞれ設け、被検面Waへの入射光束の光路および被検面Waからの反射光束の光路をペントプリズム6および7の作用により大きく折り曲げて、投射光学系(4, 5)および集光光学系(8, 9)を被検面Waから十分に遠ざけている。その結果、投射光学系(4, 5)および集光光学系(8, 9)の構成および配置が、被検面Waの制約を実質的に受けることがない。

【0066】以上のように、本実施形態の面位置検出装置では、光学系の構成および配置について被検面Waの制約を実質的に受けることがなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出精度の悪化を良好に抑えることができる。したがって、本実施形態の面位置検出装置を備えた投影露光装置では、その振動や周囲の温度変動等に実質的に影響されることなくマスクのパターン面と感光性基板の披露光面とを投影光学系に対して高精度に位置合わせすることができ、良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【0067】ただし、本実施形態の場合にも、ペントプリズム6および7の微小傾きに応じて偏向後の光束が僅かながらシフトする（ペントプリズムからの射出位置が変化することになるので、ペントプリズムを可能な限りコンパクトに構成する（ペントプリズム中の光路長を可能な限り短くする）ことが望ましい。この場合、上述の式(4)により所要の偏向角 α に応じて一対の反射面の所要の交差角 α が規定されるので、この所要の交差角 α と確保すべき一対の有効反射領域とに基づいてペントプリズムをコンパクトに構成することになる。

【0068】なお、ペントプリズム自体の熱膨張により一対の反射面のなす交差角が変化する場合には、偏向角が（ひいては被検面や受光面への入射角や入射位置）が変化して、検出誤差が発生することになる。このため、石英ガラスのような低熱膨張の光学材料でペントプリズムを形成することが望ましい。具体的には、石英ガラスの熱膨張係数は約0.5 ppm/Kであるが、ペントプリズムを形成する光学材料は1 ppm/K以下の熱膨張係数を有することが望ましい。

【0069】たとえば、低熱膨張ガラスとして、チタン珪酸ガラス（例えば米国ニューヨーク州コーニング市のコーニングインコーポレイテッド(Corning Incorporated)から入手可能なULE（商標））、同じくコーニングインコーポレイテッドから入手可能なゼロデュア（商標）、神奈川県相模原市の株式会社オハラから入手可能なクリアセラムZ(CLARCERAM Z)（商標）等が挙げられる。ここで、ULEの熱膨張係数は+0.05 ppm/Kであり、ゼロデュアの熱膨張係数は-0.03 ppm

m/K であり、クリアセラムZの熱膨張係数は $0.08 ppm/K$ である。なお、透過率の観点に立つと、低熱膨張ガラスとしては石英ガラスが最も好ましい。

【0070】また、プリズム内部での色収差の発生を低減するために、石英ガラスのような低分散の光学材料でペントプリズムを形成することが望ましい。具体的には、石英ガラスのアッベ数は約6.8であるが、ペントプリズムを形成する光学材料は6.5以上のアッベ数を有することが望ましい。

【0071】ところで、前述したように、被検面Waの面位置の検出精度を高めるには、被検面Waへの光束の入射角をできるだけ大きくする(90度に近づける)ことが望ましい。本実施形態では、-Z方向に沿って入射する光束を偏向角 ϕ だけ偏向させてXY平面に平行な被検面Waへ入射させているので、被検面Waに対する入射角 θ および反射角 θ と偏向角 ϕ との間には、 $\phi = \pi - \theta$ の関係が成立する。

【0072】したがって、所望の入射角 θ および反射角 θ をたとえば $80^\circ \leq \theta < 90^\circ$ に設定する場合、ペントプリズムでの所要の偏向角 ϕ は $100^\circ \geq \phi > 90^\circ$ になり、式(4)の関係にしたがってペントプリズムでの一対の反射面の交差角 ψ は $40^\circ \geq \psi > 45^\circ$ になる。換言すると、 $40^\circ \geq \psi > 45^\circ$ を満たす交差角 ψ を有するペントプリズムを用いることにより、被検面Waへの光束の入射角を所望の値に設定した上で、投射光学系(4, 5)および集光光学系(8, 9)を投影光学系PLと同様に鉛直方向に沿って配置することができる。

【0073】図7は、図1の実施形態の変形例にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の要部構成を概略的に示す図である。図7の変形例は、図1の実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、図7の変形例では、ペントプリズム6と被検面Waとの間の光路中およびペントプリズム7と被検面Waとの間の光路中にひし形プリズム31および32がそれぞれ付設されている点だけが図1の実施形態と相違している。したがって、図7において、図1の実施形態の構成要素と同様の機能を有する要素には図1と同じ参照符号を付している。以下、図1の実施形態との相違点に着目して、図7の変形例を説明する。

【0074】図7の変形例では、光軸AX2に沿ってペントプリズム6から射出された光束が、ひし形プリズム31に入射する。ひし形プリズム31は、ひし形断面を有する四角柱状のプリズムであって、その長手方向軸線がペントプリズム6と同様にX方向に沿って配置されている。ひし形プリズム31では、光軸AX2に垂直な第1透過面31aを透過した光が、互いに平行な一対の反射面31bおよび31cで順次反射された後、第1透過面31aに平行な第2透過面31dを透過し、光軸AX2に平行な光軸AX21に沿ってひし形プリズム31か

ら射出される。ひし形プリズム31から光軸AX21に沿って射出された光束は、被検面Waに入射する。

【0075】一方、投影光学系PLの光軸AXに関して光軸AX21と対称な光軸AX31に沿って被検面Waで反射された光束は、ひし形プリズム32に入射する。ひし形プリズム32は、ひし形プリズム31と同様に、X方向に沿って長手方向軸線を有し且つひし形断面を有する四角柱状のプリズムである。したがって、ひし形プリズム32では、光軸AX31に垂直な第1透過面32aを透過した光が、互いに平行な一対の反射面32bおよび32cで順次反射された後、第1透過面32aに平行な第2透過面32dを透過し、光軸AX31に平行な光軸AX3に沿ってひし形プリズム32から射出される。

【0076】以上のように、図7の変形例では、ペントプリズム6と被検面Waとの間の光路中およびペントプリズム7と被検面Waとの間の光路中にひし形プリズム31および32がそれぞれ付設されているので、被検面Waへの入射光束の光路および被検面Waからの反射光束の光路がひし形プリズム31および32の作用によりそれぞれ平行移動する。その結果、一対のペントプリズム6および7を被検面Waから遠ざけることができ、一対のペントプリズム6および7およびその保持部材の構成および配置が被検面Waの制約を実質的に受けることがない。

【0077】ところで、図1の実施形態では、光束偏向手段がペントプリズムの形態を有するが、互いに平行でない一対の反射ミラーと該一対の反射ミラーを嵌合保持するための保持部材とで光束偏向手段を構成することもできる。図8は、光束偏向手段の変形例の構成を概略的に示す図である。また、図9は、図8の保持部材の構成を概略的に示す図である。

【0078】図8の変形例では、図1のペントプリズム6の第1反射面および第2反射面に対応する反射面を有する第1反射ミラー41および第2反射ミラー42が、第1ミラー保持部材43および第2ミラー保持部材44によってそれぞれ嵌合保持されている。さらに、第1ミラー保持部材43および第2ミラー保持部材44は、ベース45と一体的に形成されているか、あるいはベース45に取り付けられている。このように、ベース45は、第1反射ミラー41の反射面と第2反射ミラー42の反射面との交差角 ψ を固定的に維持するよう、第1ミラー保持部材43および第2ミラー保持部材44を介して、第1反射ミラー41および第2反射ミラー42を保持している。

【0079】図9を参照すると、ミラー保持部材70(図8の第1ミラー保持部材43および第2ミラー保持部材44に対応)は、回転対称形状(具体的には厚さ及び外径が一定の円盤形状)をなす反射ミラー51(図8の第1反射ミラー41および第2反射ミラー42に対

応)を保持するもので、光学部材保持金物81とスペーサ82と固定リング83とを有する。

【0080】光学部材保持金物81は、内径側が段付き形状とされ、外径側が一定径の略円筒状とされている。すなわち、その内径側には、軸線方向における一方側に第一内径部85が形成されており、軸線方向における他方側に第二内径部86が形成されている。ここで、第一内径部85は第二内径部86より小径とされていて、その結果、これらの間には、軸線方向に直交する段部87が形成されている。

【0081】第一内径部85には、第二内径部86に対し反対側の端部に、中心方向に突出する台形状の支持部89が、三つ形成されている。これら支持部89は、同一形状をなしており、光学部材保持金物81の周方向における等間隔位置に形成されている。これら支持部89は、光学部材保持金物81の軸線方向における第二内径部86側に、軸線方向に直交する台形状の接触面89aをそれぞれ有している。これら接触面89aは、同一形状をなしており、光学部材保持金物81の軸線方向と直交する同一面内に位置する。

【0082】加えて、第二内径部86には、第一内径部85に対し反対側の端部に、雌ネジ91が形成されている。段部87には、支持部89と径方向における位置を合わせて、対をなす挿入穴(一つのみ図示)92がそれぞれ形成されている。この光学部材保持金物81には、反射ミラー51が、第二内径部85から挿入され、すべての支持部89の接触面89aに、反射ミラー51の他方の面51aにおける周辺部62が載置される。

【0083】スペーサ82は、対をなす挿入穴92にそれぞれ取り付けられ、挿入穴92に挿入される一対の平行な軸部93と、これら軸部93から軸線方向に直交して延出する介装板部94とを有している。各スペーサ82を挿入穴92に挿入することにより、スペーサ82は、その介装板部94の接触面94aが反射ミラー51の一方の面51bにおける周辺部62に当接する。

【0084】ここで、反射ミラー51の一方の面51bに接触する介装板部94の接触面94aの形状は、反射ミラー51の他方の面51aに接触する支持部89の接触面89aの形状に一致させられている。その結果、これら接触面94a、89aの面積は、互いに同面積となっている。さらに、対応する接触面94a、89a同士は、互いに対向する位置(光学部材保持金物81の周方向における同位置)に配置されている。

【0085】固定リング83は、外径側が段付き形状とされ内径側が一定径の略円環状とされている。すなわち、その外径側には、軸線方向における一方側に第一外径部96が、軸線方向における他方側に第二外径部97が形成されている。ここで、第一外径部96は第二外径部97より大径とされており、第一外径部96には、雄ネジ98が形成されている。この固定リング83は、上

記のように反射ミラー51を第一内径部85に挿入させかつすべてのスペーサ82が取り付けられた状態にある光学部材保持金物81の雄ネジ91に、雄ネジ98で螺合することで、金物81に取り付けられる。ここで、この固定リング83が光学部材保持金物81に螺合されると、反射ミラー51が軸線方向における両側から支持部89の台形状の接触面89aと介装板部94の台形状の接触面94aとで挟持される。

【0086】ミラー保持部材70によれば、接着剤を用いることなく、反射ミラー51が保持される。したがって、たとえば周囲の温度変動に起因する接着剤の変形などに伴って反射ミラー51の反射面が入射面内において傾くのを有効に回避することができる。なお、図8の変形例では、一対の反射ミラー41と42との交差角を固定的に維持するために、一対のミラー保持部材43および44並びにベース45を、1 ppm/K以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の材料で形成することが望ましい。具体的には、低熱膨張セラミックス、低熱膨張ガラス、低熱膨張合金等でこれらの部材を形成することができる。

【0087】なお、上述の実施形態および変形例では、投射光学系(4、5)と被検面Waとの間の光路中および集光光学系(8、9)と被検面Waとの間の光路中にペントプリズム6および7をそれぞれ設けているが、少なくとも一方の光路中にペントプリズムを設けることにより本発明の効果を奏することができる。

【0088】また、上述の実施形態および変形例では、投影露光装置が单一の面位置検出装置を備えている例を説明しているが、これに限定されることなく、必要に応じて複数組の面位置検出装置で検出視野を分割することもできる。この場合、第1の面位置検出装置の検出視野と第2の面位置検出装置の検出視野との共通の視野における検出結果に基づいて、各装置のキャリブレーションを行うことができる。

【0089】また、上述の実施形態および変形例では、一対の反射面を有する五角柱状のプリズムまたは一対の反射ミラーを有するミラー組立体で光束偏向手段を構成しているが、これに限定されることなく、偶数面の反射面を有するプリズム形態またはミラー組立体形態の光束偏向手段を用いることもできる。

【0090】さらに、上述の実施形態および変形例では、投影露光装置の感光性基板の面位置の検出に対して本発明を適用しているが、投影露光装置のマスクの面位置の検出に本発明を適用することもできる。

【0091】また、上述の実施形態および変形例では、投影露光装置における感光性基板の面位置の検出に対して本発明を適用しているが、一般の被検面の面位置の検出に本発明を適用することもできる。

【0092】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の面位置検

出装置では、たとえば投射光学系と被検面との間の光路中および集光光学系と被検面との間の光路中にそれぞれ設けられたペントプリズムのような光束偏向手段の作用により被検面への入射光束の光路および被検面からの反射光束の光路が大きく折り曲げられるので、投射光学系および集光光学系が被検面から遠ざけられ、これらの光学系の構成および配置が被検面の制約を実質的に受けることがない。

【0093】また、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴ってペントプリズムがたとえば入射面内で微小量だけ傾いたとしても、その偏向角は不变であり、すなわち射出光束の方向が不变であり、ひいては被検面または受光面への光束の入射角も変化しないことになる。その結果、被検面や受光面において入射角の変化も入射位置の変化もほとんど生じることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発生を良好に抑えることができる。

【0094】さらに、投影露光装置において投影光学系に対する感光性基板の面位置の検出に本発明の面位置検出装置を適用すると、投影露光装置の振動や周囲の温度変動等に実質的に影響されることなく、マスクのパターン面と感光性基板の被露光面とを投影光学系に対して高精度に位置合わせすることができるので、良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の投射光学系および集光光学系がともに両側テレセントリックであることを示す光路図である。

【図3】被検面Wa上に格子パターン3aの一次像が形成されている状態を示す斜視図である。

【図4】5つのX方向に細長く延びる矩形状の開口部Sa1～Sa5を有する受光スリットSの構成を概略的に示す図である。

【図5】5つのシリコン・フォト・ダイオードPD1～

PD5が、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5に光学的に対応するように、受光部14の受光面14a上に設けられている様子を示す図である。

【図6】図1のペントプリズム6における一対の反射面のなす交差角と偏向角との関係を示す図である。

【図7】図1の実施形態の变形例にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

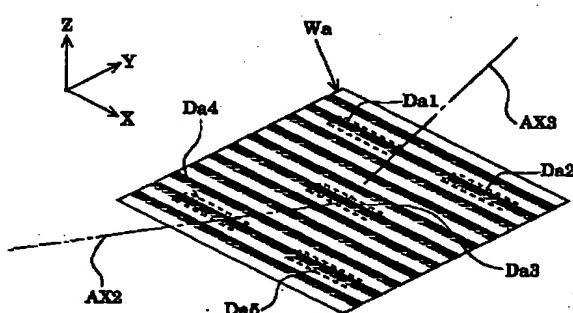
【図8】光束偏向手段の变形例の構成を概略的に示す図である。

【図9】図8の保持部材の構成を概略的に示す図である。

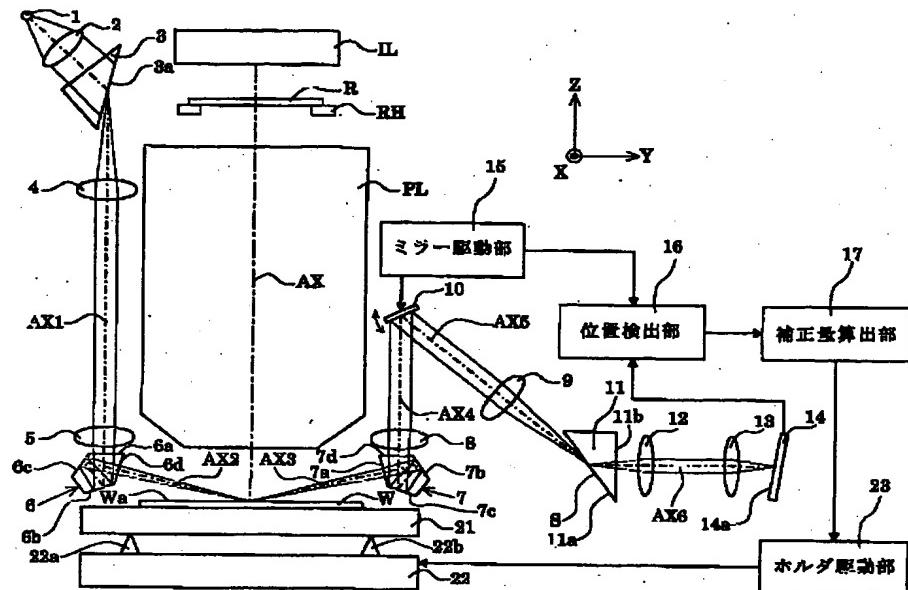
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 コンデンサレンズ
- 3 偏向プリズム
- 4, 5 投射光学系
- 6, 7 ペントプリズム
- 8, 9 集光光学系
- 10 振動ミラー
- 11 アオリ補正プリズム
- 12, 13 リレー光学系
- 14 受光部
- 15 ミラー駆動部
- 16 位置検出部
- 17 補正量算出部
- 21 ウェハホルダ
- 22 ホルダ保持機構
- 23 ホルダ駆動部
- I L 照明系
- R レチクル
- R H レチクルホルダ
- P L 投影光学系
- W ウェハ

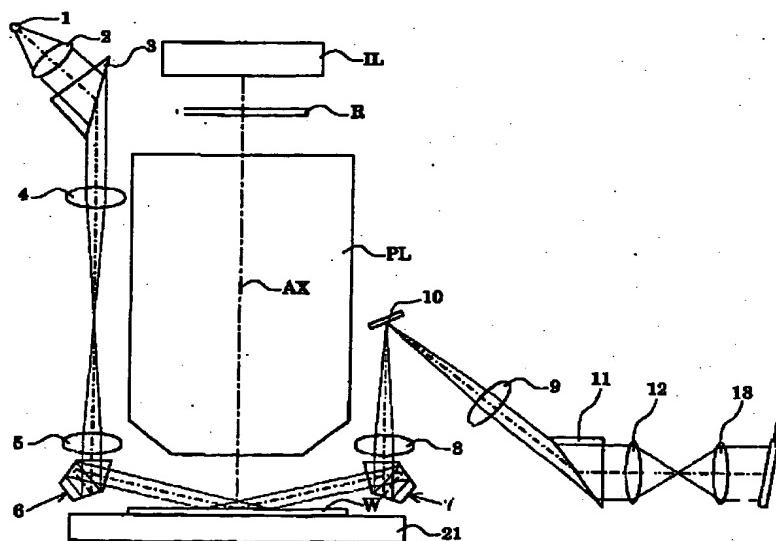
【図3】



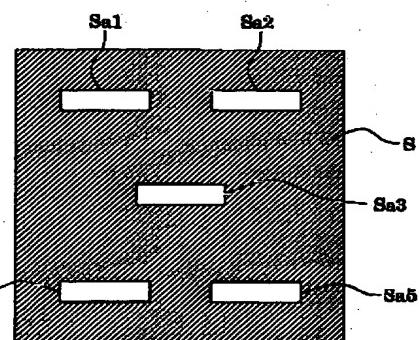
【図1】



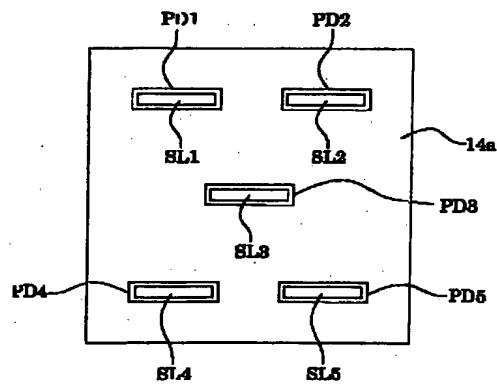
【図2】



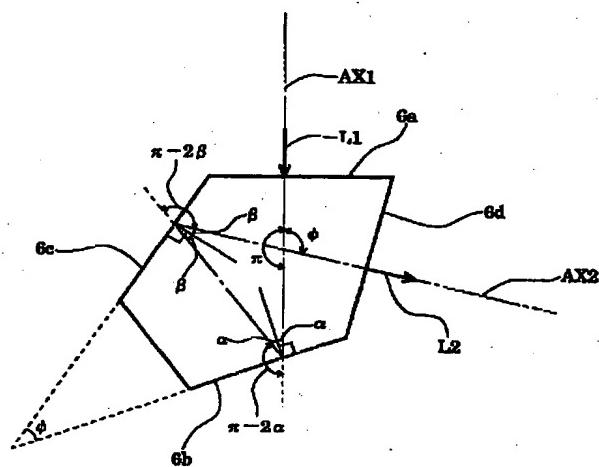
【図4】



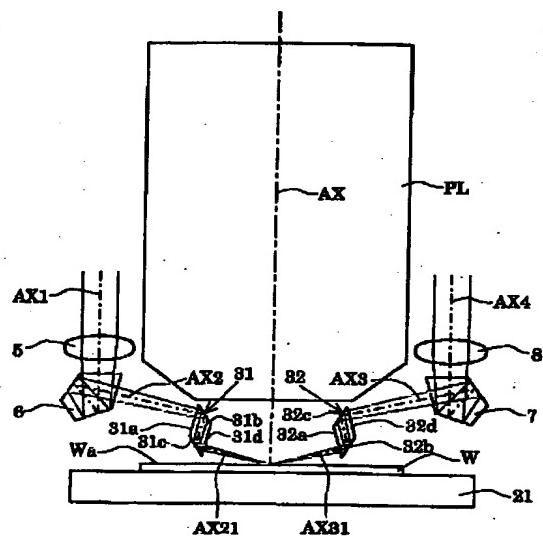
【図5】



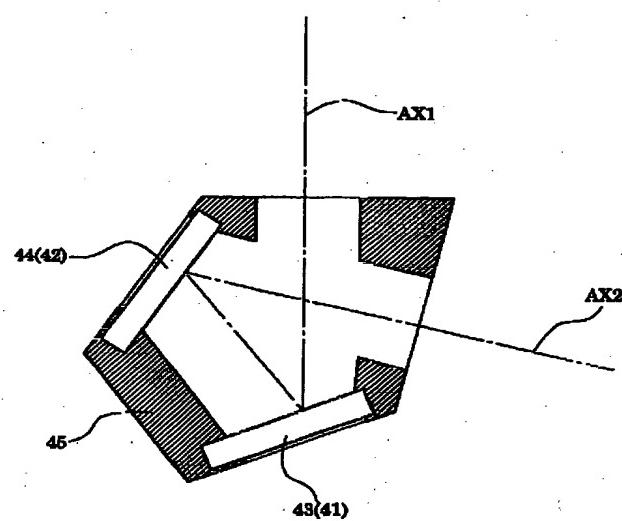
【図6】



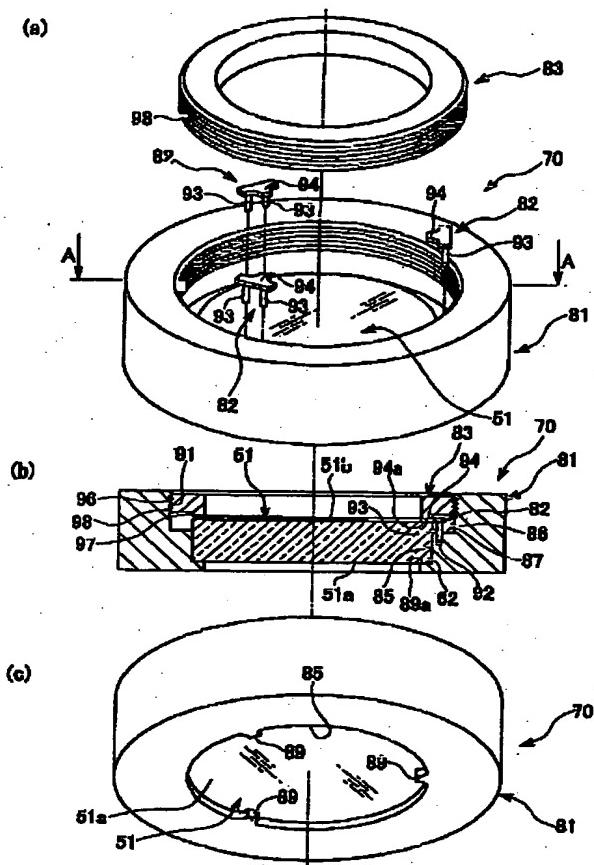
【図7】



【図8】



〔図9〕



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA14 BB02 CC20 DD00
DD14 EE01 FF01 FF07 FF44
FF61 GG07 GG24 HH03 HH12
JJ01 JJ05 JJ08 JJ18 LL00
LL12 LL13 LL28 LL47 LL59
PP12 PP24 QQ00 UU07
2H051 AA10 BB29 CB11 CB14 CC03
5F046 BA04 CB02 CB10 CB14 CB26
DA14 DB05 DB11 DC09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.